

# МИКРОКОМПОНЕНТЫ ПИЩЕВЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ЖИВОТНОГО И ДРУГИХ ВИДОВ СЫРЬЯ. ОБЗОР

Иванкин А.Н.<sup>1,\*</sup>, Вострикова Н.Л.<sup>2</sup>, Куликовский А.В.<sup>2</sup>, Олиференко Г.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный технический университет (национальный исследовательский университет)  
им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>2</sup> Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, Россия

**Ключевые слова:** пищевые системы, вкусо-ароматические компоненты, токсиканты

## Аннотация

Рассмотрены вопросы микрокомпонентного состава современных пищевых систем на основе природных видов сырья. Показано, что методы физико-химического анализа позволяют сегодня устанавливать наличие как полезных, так и небезопасных микропримесей с уровнем содержания в продукции от 0,001 до 1–2 мг/кг. Обсуждается влияние микроколичеств свободных аминокислот и жирных кислот, а также углеводов и витаминов на вкусо-ароматические характеристики систем. Рассмотрены некоторые аспекты наличия привнесенных микрокомпонентов, к которым отнесены пестициды, антибиотические и химиотерапевтические препараты, гормональные регуляторы, полиароматические углеводороды и некоторые другие токсиканты, а также микроингредиенты, образующиеся в продуктах под воздействием биохимических процессов при хранении. В качестве таких микроингредиентов рассматриваются биогенные амины и другие продукты трансформации макрокомпонентов.

Review paper

# MICROCOMPONENTS OF FOOD SYSTEMS BASED ON ANIMAL AND OTHER RAW MATERIALS. REVIEW

Andrew N. Ivankin<sup>1,\*</sup>, Natal'ya L. Vostrikova<sup>2</sup>, Andrey V. Kulikovskii<sup>2</sup>, Galina L. Oliferenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> V.M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Key words:** food systems, taste-aromatic components, ecotoxins

## Abstract

The problems of the microcomponent composition of modern food systems based on natural raw materials are considered. It is shown that modern methods of physical and chemical analysis make it possible to establish the presence of both useful and unsafe microimpurities with a level of their content in the production from 0.001 to 1–5 mg / kg. The effect of microquantities of free amino and fatty acids, as well as carbohydrates and vitamins, on the flavor and aromatic characteristics of systems is discussed. Some aspects of the presence of introduced microcomponents, which include pesticides, antibiotic and chemotherapeutic drugs, hormonal regulators, polyaromatic hydrocarbons and some other toxicants, as well as microingredients formed in products under the influence of biochemical processes during storage are considered. As such microingredients, biogenic amines and other products of transformation of macrocomponents are considered.

В состав современных пищевых систем входят как макро-, так и микрокомпоненты. Сложность формирования современных систем на основе природного сырья заключается в необходимости получения пищевого продукта с удовлетворительными вкусо-ароматическими и безопасными для человека характеристиками, которые во многом связаны с компонентным составом микропримесей [1].

Составляющими микрокомпонентами таких систем и продуктов на их основе являются множество химических веществ, пул которых во многом предопределяет главное потребительское свойство пищевой продукции — её вкус [1]. Однако, часть таких веществ,

которая зачастую находится в матрице пищевой системы в следовых количествах, может представлять определенную опасность для человека и носить характер экотоксикантов [1,2,3,4].

Традиционное получение пищи заключается в использовании природного пищевого сырья, состоящего из основных питательных макрокомпонентов — белков, жиров и углеводов, содержание которых в продукте может составлять от нескольких до 90–95 % [2,3].

К микронутриентам пищевых систем следует относить все вещества, которые входят в состав продукта, вследствие разработанной рецептуры, а также сюда следует относить вещества, образовавшиеся в матри-

**ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:** Иванкин А.Н., Вострикова Н.Л., Куликовский А.В., Олиференко Г.Л. Микрокомпоненты пищевых систем на основе животного и других видов сырья. Обзор. Теория и практика переработки мяса. 2018;3(1):16–28. DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-1-16-28

**FOR CITATION:** Ivankin A.N., Vostrikova N.L., Kulikovskii A.V., Oliferenko G.L. Microcomponents of food systems based on animal and other raw materials. Review. Theory and practice of meat processing. 2018;3(1):16–28. (In Russ.) DOI 10.21323/2414-438X-2018-3-1-16-28

це продукта в результате технологических операций, либо в результате развития биохимических превращений под воздействием остаточной ферментативной активности при длительном хранении [5,6].

Уровень содержания таких микрокомпонентов обычно составляет от 0,001 % до 1–2 %. Причем нижний количественный уровень обнаружения конкретного вещества во многом определяется минимальной чувствительностью применяемого аналитического метода идентификации. По этой причине, многие вещества пищи ранее практически не идентифицировались [1,7]. Развитие современных хроматографических методов анализа, методов иммунно-ферментных, а также хроматомасс-спектрометрии показывает, что в реальных пищевых системах уровень нахождения отдельных ингредиентов может составлять миллионные доли процента (ppm или даже ppb или ppt), однако влияние таких веществ, все равно, сказывается на вкусо-ароматической гамме продукции [7,8,9,10,11]. Часть таких веществ может позиционироваться как небезопасные и даже вредные примеси [12,13].

Микронутриенты пищевых систем состоят из разных групп химических веществ, которые находятся в сырье изначально как природные компоненты. Они также содержатся в сырье и продуктах как привнесенные вещества при химической обработке продукции в сельскохозяйственном производстве, типа пестицидов, консервантов, стабилизаторов, гормональных регуляторов. Микрокомпоненты также появляются в результате технологических операций и соответствующих химических и биохимических превращениях, возникающих как результат биохимических превращений под воздействием микроорганизмов при длительном хранении, например, афлатоксины, гетероциклические амины [12, 14,15,16].

Микронутриентами естественного происхождения также можно считать минорные продукты гидролиза макрокомпонентов — свободные аминокислоты, образующиеся в результате распада белков, свободные жирные кислоты липидного происхождения, моносахара, образующиеся из углеводов и нуклеотиды — продукты распада ДНК. Общее суммарное количество нахождения этих компонентов а нативном сырье животного происхождения обычно составляет сотые и даже тысячные доли процента [15,16]. В результате развития гидролитических процессов под воздействием внутренних ферментных систем и развивающейся микрофлоры, массовая доля естественных микронутриентов может увеличиваться при хранении, как самого сырья, так и продукции на его основе [1,12,13,14,15].

В пище содержится много белков, которые построены из связанных пептидными связями L-аминокислот. В результате гидролиза, а также естественного движения питательных веществ в живых организмах, используемых в дальнейшем для получения сырья пищевой системы, обычно в аминокислотном анализе

идентифицируется незначительное количество свободных аминокислот. Например, в мышечной ткани коров, взятой после убоя, обнаруживается до 0,005 % смеси аминокислот, состоящей, г/100 г белка: Иле 4,1; Лей 7,5; Лиз 11,5; Мет 4,2; Цис 2,2; Фен 4,3; Тир 4,1; Тре 5,3; Трп 2,6; Вал 5,1; Ала 3,3; Арг 7,1; Асп 6,4; Гис 4,2; Гли 4,6; Глу 12,3; Про 2,9; Сер 3,3 [7,15].

Аминокислоты не представляют опасности для человека. Некоторые используются в качестве аттрактантов — веществ, усиливающих вкус продукта. Например, широкое использование в последнее время в пищевых системах глутамината натрия придает продукции специфический вкус, а самое главное, привыкание к этому вкусу и противоестественное желание человека потреблять данный продукт [16]. Глутаминат натрия может провоцировать зависимость потребителя к конкретному виду продукции, что не может рассматриваться как положительный фактор.

Наличие свободных аминокислот в некоторой степени способствует изменению вкусовых характеристик продукта. Триптофан в 35 раз слаще сахарозы, аспарагиновая и глутаминовая кислоты кислые на вкус, а в нейтральных растворах в виде солей могут иметь приятный и оригинальный вкус, глицин обладает характерным вкусом освежающей сладости, которая по интенсивности близка к сахарозе. Сладкие L-аминокислоты: глицин, аланин, серин, пролин. Сладкие D-аминокислоты: валин, лейцин, треонин, метионин, триптофан, гистидин. Соединение L-аспарагиновой кислоты и метилового эфира фенилаланина под названием аспартам в 200 раз слаще сахарозы. Изолейцин, лейцин, тирозин, L-валин, L-гистидин могут придавать пищевой системе горький привкус [12,17].

Важным естественным микрокомпонентом животного сырья являются свободные жирные кислоты (ЖК). Жировая ткань или органические липиды присутствуют практически в любой пищевой системе. Жирные кислоты входят в состав жиров и масел в виде триглицеридов природных *цис*-форм ЖК. Под воздействием температуры, света, pH и ферментов часть ЖК высвобождается, образуя свободные ЖК. Считается, что на пищевые цели можно использовать животные жиры с кислотным числом не более 2 мг КОН/г, что примерно соответствует 1 % свободных ЖК в системе [18]. Анализ фракции свободных жирных кислот, выделяемой из образцов сырья и продуктов путем, например, отгонки с паром, показывает, что соотношения свободных ЖК, как правило, являются схожими с общим ЖК составом продукта. Например, свободные ЖК свиного жира в количестве 0,1 % от массы сырья, могут содержать следующие основные ЖК, % от суммы: C(4:0) и C(6:0) до 0,1; C(8:0), C(10:0), C(14:1), C(15:1), C(18:3)n3, C(20:1), C(20:3)n6, C(22:2) и C(22:6)n3 до 0,4; C(15:0) и C(20:0) до 0,3; C(12:0), C(17:1) и C(20:4)n6 до 1,5; C(14:0) и C(16:1) до 4,5; C(16:0), C(18:0) от 10 до 25; C(17:0), C(19:0) и C(22:0) до 0,7; C(18:1)n9с от 20 до

42; C(22:1)n9 до 0,8; C(18:2)n6с от 2 до 10; C(18:3)n6 до 2,1; C(20:2) до 0,2 [18,19].

В пищевых системах на основе животного сырья не должно содержаться *транс*-изомеров ЖК. Однако, использование тепловых режимов, выше 200 °С может приводить к появлению дополнительного микроингредиента — *транс*-форм ЖК. Например, нагревание, а также внесение в пищевую систему добавок маргарина, заведомо содержащих транс-изомеры ЖК может приводить к появлению *транс*-формы олеиновой кислоты — элаидиновой. Содержание этой C(18:1)n9t ЖК в жирнокислотном анализе некоторых пищевых систем может определяться — до 0,6 и более процентов. В данном случае технология приводит к появлению несвойственных микрокомпонентов. В случае существенных температурных нарушений в перегретых фритюрных жирах этот микрокомпонент может становиться макрокомпонентом, достигая величины в 30–50 % от суммы ЖК [20,21,22].

Высокомолекулярные жирные кислоты вкуса и запаха практически не имеют. Низкие C(4:0) — C(8:0) ЖК обладают достаточно резким, неприятным запахом, поэтому их влияние на вкус пищевой системы происходит на фоне коррекции запаха продукта в худшую сторону. Необходимо отметить, что часть липидов представлены в пищевых системах фосфолипидами. Гидролиз фосфолипидов, содержащихся в жирах, может приводить к образованию холина. При разложении холина образуются ядовитые вещества: нейрин, мускарин, триметиламин. Триметиламин, как основной продукт гниения, может придавать животному жиру рыбный запах. Вкус «прогорклого жира» во многом предопределяется наличием свободных низких ЖК [23,24].

Углеводы входят в состав пищевых систем, образуя с белками макрокомплексы. При гидролизе пищевой системы в ней можно установить наличие свободных углеводов (УВ). Вследствие высокой лабильности, уровень содержания микроингредиентов — УВ как правило очень низкий. Так в животном сырье (говядина, свинина) можно зафиксировать наличие в свободном состоянии УВ, мг.%: арабинозы, галактозы, глюкозы, ксилозы, маннозы, рибозы, фруктозы на уровне 0,1–20,0; лактозы и сахарозы в количестве от 0,01 до 0,1 [25,26,27,28].

УВ обладают сладким привкусом и могут положительно влиять на вкусовую гамму продукции. Среднее содержание свободных УВ в баранине выше, чем в говядине или свинине, что может придавать продукту сладковатый привкус. Важным фактором формирования вкусовых характеристик пищевых систем на основе животного сырья является возможность осуществления взаимодействия микроколичеств свободных УВ и аминокислот — реакции Майяра при повышенных температурах. Результатом этой реакции является образование продукции коричневого оттенка и при-

дания ей привкуса копченой мясной продукции [29].

Важными и полезными, с точки зрения современной диетологии, микрокомпонентами пищи являются витамины. Типичный витаминный состав мясного сырья на основе говядины или свинины может включать, мг/100 г сырья: витамин А — 0,01; В<sub>1</sub>–0,5; В<sub>2</sub>–0,3; В<sub>3</sub>–0,2; В<sub>4</sub>–80,0; В<sub>5</sub>–0,45; В<sub>6</sub>–0,3; В<sub>9</sub>–0,015; В<sub>12</sub>–0,01; С < 0,001; D — 0,1; E — 0,4; РР — 5,8; Н — 0,03. Сохранение естественного уровня содержания витаминов в сырье и продуктах на его основе, представляет проблему из-за известной неустойчивости и способности к разрушению в результате температурного воздействия, активности окислителей пищевых систем, ферментативной активности, рН и других факторов. Процесс разрушения также происходит при длительном хранении [30–32]. Так в термически обработанных мясных консервах, количество указанных выше витаминов может быть на порядок меньше и включать только самые устойчивые вещества, мг/100 г продукта: витамин А — следы; В<sub>1</sub>–0,06; В<sub>2</sub>–0,05; В<sub>5</sub>–0,3; В<sub>6</sub>–0,15; D — 0,2; E — 0,1; РР — 3,0. В ряде случаев, когда специально проводится витаминизация продукции, содержание отдельных витаминов в готовых продуктах, например, витамина С, может превышать уровень их естественного содержания на порядок [33].

В пищевой продукции на основе животного и др. видов сырья вследствие биологического распада, могут образовываться вредные микрокомпоненты, называемые биогенными аминами (БА) [33,34].

Образование БА в основном связано с распадом белков. Процессы биохимической деградации белков, приводят к ухудшению качества продукции и накоплению потенциально опасных веществ. БА — это группа азотсодержащих органических соединений с алифатической (путресцин, кадаверин, спермин, спермидин), ароматической (тирамин, фенилэтиламин) или гетероциклической (гистамин, триптамин) структурой [35,36].

БА образуются при порче и разложении продуктов питания, однако повышенные концентрации могут наблюдаться еще до того, как пища станет испорченной или органолептически непригодной. По данным ВОЗ гистамин может вызывать сильные аллергические реакции, а некоторые биогенные амины, например, кадаверин и путресцин, могут усиливать его аллергическое действие [36].

Наличие микрокомпонентов — БА характерно для разных видов продуктов. В свежем мясе содержание БА обычно небольшое, принимая во внимание, что концентрации ди- и полиаминов изменяются в широком диапазоне. Технологическая обработка мясных продуктов также влияет на содержание аминов. Показано, что количество гистамина в вареных колбасах, до 9 мг/кг, обычно меньше, чем в сухих колбасах (до 380 мг/кг). Большие концентрации БА были обнаружены во всех видах рыбы. Сообщалось об обнару-



жении до 5 г/кг гистамина и до 3 г/кг тирамина. В других исследованиях средняя концентрация гистамина в макрели составляла от 0,55 г/кг до 1,788 г/кг. Кроме рыбы, биогенные амины обнаружены в сырах, подвергшихся длительному хранению. Концентрация гистамина в сырах может достигать 2,6 г/кг и триптамина 2,17 г/кг [37].

В растениях было обнаружено до 100 мг/кг серотонина и тирамина. В бобах какао содержится большое количество фенилэтиламина, тирамина, триптамина и серотонина. Из-за этого амины могут попадать в шоколад. В бананах тирамин и серотонин тоже содержатся в ощутимых концентрациях. В квашеной капусте содержание гистамина может достигать 200 мг/кг. В пиве уровни биогенных аминов обычно ниже 20 мг/л. Имеются сообщения об обнаружении более высоких концентраций тирамина до 74 мг/л и кадаверина до 34 мг/л [38,39].

Поскольку из БА только гистамин содержится практически во всех видах продукции, особенно в рыбной, Регламентом Комиссии ЕС № 2074/2005 установлена ПДУ гистамина для разной рыбной продукции на уровне от 100 до 400 мг/кг. В Российской Федерации ПДУ гистамина определен в количестве меньше чем 100 мг/кг. Все процессы получения и хранения пищевой продукции, содержащей белки, должны реализовываться в условиях минимизации окисления белков и появления БА [38,39,40].

За последние десятилетия научно-технический прогресс в области сельского хозяйства, а также развитие технологических процессов пищевой индустрии привели к достаточно существенным изменениям в микрокомпонентах пищевых систем и появлению в продуктах несвойственных им химических веществ [2,3,4,5,6,7,8,9,10]. Основным компонентом любой пищевой системы является вода. Большинство микронутриентов, в том числе небезопасных, поступает в пищевые системы именно с водой. По международным требованиям ПДК таких веществ в питьевой воде, используемой на предприятиях в технологиях производства продуктов питания, не должна превышать, мг/л: акриламида — 0,0005; алахлора — 0,02; алюминия — 0,2; альдикарба — 0,01; альдрина — 0,00003; аммония — 0,2; атразина — 0,002; бария — 0,7; бенз(а)пирена — 0,0006; бензатона — 0,03; бензола — 0,0007; бора — 0,3; броматов — 0,025; бромдихлорметана — 0,06; бромформа — 0,1; винилхлорида — 0,01; гексахлорбензола — 0,001; гексахлорбутадиена — 0,005; гептахлора — 0,00003; ДДТ — 0,002; дибромацетонитрила — 0,1; 1,2-дибром-3-хлорпропана — 0,001; дибромхлорметана — 0,1; дихлорацетонитрила — 0,09; 1,2-дихлорбензола — 0,001; 1,4-дихлорбензола — 0,0003; дихлорметана — 0,02; дихлорпропа — 0,1; 1,2-дихлорпропана — 0,02; 1,3-дихлорпропена — 0,02; дихлоруксусной кислоты — 0,05; 2,4-дихлорфенок-

симасляной кислоты — 0,09; 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты — 0,009; 2,4-дихлорфенола — 0,0003; 1,2-дихлорэтана — 0,03; 1,2 — дихлорэтилена — 0,05; ди(2-этилгексил)адипината — 0,08; ди(2-этилгексил)фталата — 0,008; железа — 0,3; кадмия — 0,003; ксилола — 0,02; линдана — 0,002; марганца — 0,1; меди — 1; 2-метил-4-хлор-феноксиуксусной кислоты — 0,002; метоксихлора — 0,02; метолахлора — 0,01; молибдена — 0,07; молината — 0,006; монохлорамина — 3; монохлорбензола — 0,01; мышьяка — 0,01; натрия — 200; никеля — 0,02; нитратов — 50; нитритов — 3; нитрилтриуксусной кислоты — 0,2; пендиметалина — 0,02; пентахлорфенола — 0,009; перметрина — 0,02; пиридата — 0,1; пропанила — 0,02; ртути — 0,001; свинца — 0,01; селена — 0,01; сероводорода — 0,05; сильбекса — 0,009; симазина — 0,002; стирола — 0,004; сульфатов — 250; сурьмы — 0,005; 2,4,5-Т — 0,009; текопропа — 0,01; тетрахлорэтилена — 0,04; толуола — 0,02; тригалометана — 0,001; трифлуралина — 0,02; трихлорацетальдегида — 0,01; трихлорбензола — 0,005; трихлортрибутилоловооксида — 0,002; трихлоруксусной кислоты — 0,1; 2,4,6-трихлорфенола — 0,002; 1,1,1-трихлорэтана — 2; трихлорэтилена — 0,07; формальдегида — 0,9; фтора — 1,5; хлора — 0,6; хлордана — 0,0002; хлоридов — 250; хлоритов — 0,2; хлортолурана — 0,03; 2-хлорфенола — 0,0001; хлорциана — 0,07; хрома — 0,05; цианидов — 0,07; цинка — 3; четыреххлористого углерода — 0,002; эпихлоргидрина — 0,0004; ЭДТА — 0,2; этилбензола — 0,002 [41,42,43,44]. Перечисленные компоненты при попадании в пищевые продукты становятся привнесенными микрокомпонентами, за которыми должен устанавливаться жесткий контроль [45].

К привнесенным микронутриентам пищи, прежде всего, относятся пестициды. В списке веществ, разрешенных к применению в сельскохозяйственном производстве на территории Российской Федерации, находится более 2000 органических веществ, применяемых как пестициды [46]. Однако, необходимый контроль за их остаточным содержанием в готовой продукции должным образом не установлен.

Ранее в Российской Федерации действовали нормативные документы, предписывающие аналитический контроль за остаточным содержанием 70 пестицидов, наличие большинства из которых в пищевой продукции не допускалось, мг/кг: абат 1,0; актеллик 0,01; алдрин не доп.; амидофос 0,3; атразин 0,02; афуган не доп.; аэроль-2 не доп.; базудин 0,7; базудин не доп.; байтекс 0,2; гексахлоран 0,1; гексахлоран 0,01; гептахлор не доп.; гиподермин-хлорофос не доп.; глак Ц 0,1; ГХЦГ гамма-изомер 0,1; 2,4-Д-аминная соль не доп.; 2,4-Д-бутиловый эфир не доп.; 2,4-Д-дихлорофеноксиуксусная кислота не доп.; 2,4-Д-дихлорфенол не доп.; 2,4-Д-кротилловый эфир не доп.; 2,4-Д-малолетучие эфиры не доп.; 2,4-ДМ не доп.; 2,4-Д-октиловый эфир не доп.; 2,4-Д-хлороктиловый эфир не доп.; ДДВФ не

доп.; ДДТ и его метаболиты 0,1; валексон дерматозоль 0,02; дибром 0,3; диурон не доп.; ДНОК не доп.; дурсбан 0,1; карбофос не доп.; камбилен не доп.; корал 0,2; кремнефтористый натрий 0,4; креолин 0,1; линурон не доп.; лонтрел 0,3; метилмеркаптофос не доп.; метафос не доп.; неопинамин не доп.; дихлоральмочевина не доп.; нитрафен не доп.; нитрофен не доп.; оксамат не доп.; педикс не доп.; пентахлорфенолят натрия не доп.; полихлоркамфен не доп.; полихлорпинен не доп.; пропоксур не доп.; реглон 0,01; ртутьсодержащие пестициды не доп.; севин не доп.; сероцин не доп.; тиофос не доп.; тирам не доп.; трихлорметафос 0,3; трихлорметафос-3 не доп.; фозалон не доп.; хлорофос не доп.; полихом не доп.; циодрин 0,05; цирам не доп.; этафос 0,01; фенагон не доп. [47].

В последние годы в РФ действуют нормативные документы, предписывающие контроль практически только за хлорорганическими пестицидами (ХОП) по двум показателям: суммарное содержание  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -изомеров гексахлорциклогексана ( $\Sigma$ ГХЦГ), а также суммарное содержание ДДТ и его метаболитов. Для животной продукции ПДК по этим показателям установлена на уровне 0,1 мг/кг. Для некоторых видов пищевой продукции на основе жирового сырья значения ПДК для  $\Sigma$ ГХЦГ и  $\Sigma$ ДДТ может составлять 1,0–1,25 мг/кг [48,49].

Проведенные нами испытания реальных уровней содержания ХОП:  $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ,  $\delta$ -ГХЦГ, алдрин, гептахлор, I-эндосульфана, II-эндосульфана, эндосульфана, ДДЕ, ДДД, ДДТ и эндрин в продукции на основе животного сырья в отечественных продуктах показывают, что количество этих ХОП в сертифицируемой продукции сегодня составляет от 0,001 до 0,03 мг/кг при разрешенных ПДК в 0,1 мг/кг. Учитывая, что ГХЦГ и ДДТ повсеместно запрещены к применению, этот показатель говорит о реальном уровне данных экотоксикантов в пище [50].

Более высокие значения содержания ХОП в мясной продукции, превышающие ПДК в два и более раз, могут наблюдаться в образцах продуктов, полученных из экологически неблагоприятных районов [51].

«Зеленая революция» в сельскохозяйственном производстве за последние десятилетия привела к введению в практику различных гормональных и лекарственных препаратов, которые используются для интенсификации производства. Применительно к получению мясного сырья эта тенденция прослеживается примерно следующим образом. Например, при выращивании птицы цыпленку вводят до 5 мг/кг массы особи гормона — диэтилстильбэстрола (ДЭС). Скорость накопления мышечной массы может увеличиваться в два три раза. Мясо птицы, полученное таким образом, может содержать остатки гормона до 0,005 мг/кг и более. Наличие такого количества гормона в «ножках Буша» опасно для потребителя — у человека нарушается гормональная регуляция собствен-

ного организма. Через несколько лет использования, ДЭС, также как и эстрадиол, законодательно были запрещены к применению [52]. Однако производители начинают сегодня применять новые, пока еще не запрещенные регуляторы, например рактопамин [53]. Сегодня практически вся продукция, поступающая из США, Канады, частично Бразилии выработана с использованием гормональных технологий.

В Регламенте ТС ТР [49] перечислены основные вещества, которых не должно быть в мясной продукции в зависимости от вида сырья, мг/кг: канамицин 0,1–2,5; неомицин 0,5–5; паромомицин 0,5–1,5; спектиномицин 0,3–5; стрептомицин/дигидрострептомицин 0,5–1; цефтиофур 1–6; цефалексин 0,2–1; цефапирин 0,05–0,1; цефкином 0,05–0,2; сульфаниламиды 0,1; баквилоприм 0,01–0,15; триметоприм 0,05–0,1; клавулановая кислота 0,1–0,4; линкомицин/клиндамицин 0,1–0,4; пирлимицин 0,1–0,4; тиамфеникол 0,05; флорфеникол 0,1–3; флумекин 0,2–1,5; ципрофлоксацин/энрофлоксацин/пепфлоксацин/офлоксацин/норфлоксацин 0,1–0,3; данофлоксацин 0,05–0,4; дифлоксацин 0,1–1,4; марбофлоксацин 0,05–0,15; оксолиновая кислота 0,05–0,1; эритромицин 0,2; спирамицин 0,3–1; тилмикозин 0,05–1; тилозин 0,1; тилвалозин 0,05; тультромицин 0,1–3; тиамулин 0,5; вальнемулин 0,05–0,1; рифампицин 0,1; колистин 0,15; бацитрацин 0,02–0,15; авиламицин 0,05–0,2; монензин 0,002–0,03; ласалоцид 0,005–0,05; нитрофураны < 0,1; метронидазол < 0,1; стрептотрицины 0,7; тетрациклины 0,01–0,6; пенициллины 0,05–0,3; диклазурил 0,005–3; имидакарб 0,05–1,5; толтразурил 0,1–0,5; никарбазин 0,025–0,1; робенидин 0,005–0,05; семдурамицин 0,002; наразин 0,005; мадурамицин 0,002; салиномицин 0,002; галофугинон 0,003; декоквинат 0,02; амитраз (2,4-диметоксисамфетамин) 0,1–0,4; левомецетин не допускается 0,0003.

В этот список включены практически все противомикробные и антибиотические препараты, остаточные микроколичества которых в пищевом продукте непосредственно угрожают человеку, существенно нарушая возможные схемы лечения антибиотиками человека, для которого часть данных потребленных ранее с пищей препаратов будет не эффективной.

В реальной практической сертификации сегодня можно отметить систематическое злоупотребление обработкой левомецетином рыбных продуктов китайского производства, а также значительное количество птицы, содержащей высокие концентрации нитрофуранов.

Другим классом привнесенных микрокомпонентов являются полиароматические углеводороды (ПАУ). Они выделяющихся из термически нагретой древесины и попадают в пищевые системы, получаемые по технологиям копчения. ПАУ представляют собой достаточно высокий уровень опасности и обладают канцерогенными свойствами [54].

Показано, что основные ПАУ из тлеющей древесины, попадают в жировую ткань мясного продукта при копчении, в частности, при температуре 55 °C во времени с возрастающей концентрацией, мкг/кг: циклопента[с, d]пирен 0,41–3,43; бенз[а]антрацен 0,18–1,25; хризен 0,14–1,19; 5-метилхризен 0,03–0,08; бенз[j]флуорантен 0,01–0,07; бенз[b]флуорантен 0,03–0,92; бенз[k]флуорантен 0,03–0,34; бенз[а]пирен 0,11–0,81; дибензо[а, l]пирен 0,02–0,03; дибенз[а, h]антрацен 0,1–0,18; бенз[g, h, i]перилен 0,37–0,76; инден[1,2,3-cd]пирен 0,07–0,40; дибенз[а, e]пирен 0,03–0,64; дибенз[а, i]пирен 0,01–0,02; дибенз[а, h]пирен 0,01–0,04 [55].

Попадание таких веществ в пищевую продукцию необходимо минимизировать, поэтому на законодательном уровне предусматривается контроль за их остаточным содержанием. В настоящее время в отечественной нормативной документации установлен предельно допустимый уровень содержания одного из ПАУ — бенз[а]пирена на уровне 1 мкг/кг. В Европейских стандартах действуют предельные нормы содержания четырех ПАУ: бенз[а]пирена, хризена, бенз[а]антрацена и бензо[b]флуорантена, суммарное содержание которых не должно превышать 2,0 мкг/кг.

Жировые компоненты пищевой продукции, в силу высокой растворяющей способности в отношении ароматических соединений, являются хорошими аккумуляторами ПАУ. Максимальная скорость поглощения ПАУ липидами жировой фазы на начальных стадиях процесса копчения может изменяться с  $0,14 \cdot 10^{-5}$

до  $3,47 \cdot 10^{-5}$  мкг $\cdot$ л $^{-1}$ с $^{-1}$  при росте температуры с 40 до 55 °C [55].

Проводимые нами в последнее время исследования показывают, что микрокомпонентный состав во многом предопределяет вкусо-ароматические характеристики пищевых систем. В состав микрофракций входит, по данным хроматомас-спектроскопии, несколько сот различных органических веществ, перечень которых приводится в литературе [56,57,58]. Часть этих веществ синергетически формируют вкус и аромат продукции, а часть, при определенных концентрациях может быть небезопасными для здоровья человека.

### Выводы

Таким образом, рассмотрение вопросов микрокомпонентного состояния пищевых систем показывает, что современные продукты питания могут включать разнообразное количество органических соединений, наличие некоторых из них не может рассматриваться как положительный фактор. Высокий уровень отдельных микрокомпонентов, по-видимому, и обуславливает тенденцию проявления различных заболеваний, многие из которых ранее не были свойственными человеку. Формирование научных основ получения продуктов с учетом возможных неблагоприятных тенденций использования некачественных ингредиентов является важной задачей изготовления и использования современных пищевых систем.

The composition of modern food systems includes both macro- and microcomponents. The complexity of the formation of modern systems based on natural raw materials resides in the need to obtain a food product with satisfactory taste-aromatic and safety characteristics, which are largely related to the component composition of trace impurities [1].

The constituent microcomponents of such systems and products based on them are a multitude of chemical substances, the pool of which largely determines the main consumer property of food products — their taste [1]. However, some of these substances, which are often found in the food system matrix in trace amounts, can present a certain hazard to humans and have the character of ecotoxicants [1,2,3,4].

Traditional food production resides in the use of natural food raw materials that consist of the main nutritional macrocomponents — proteins, fats and carbohydrates, the content of which in the product can range from several to 90–95 % [2, 3].

Micronutrients of food systems include all substances that are part of the product as a result of the developed formulation, as well as the substances formed in the product matrix as a result of technological operations, or as a result of the development of biochemical transformations

under the influence of the residual enzymatic activity during long-term storage [5,6].

The level of such microcomponents is usually from 0.001 % to 1–2 %. Moreover, the lower quantitative level of detection of a particular substance is largely determined by the minimum sensitivity of the applied analytical method of identification. For this reason, previously, many food substances were practically not identified [1,7]. The development of the modern chromatographic analytical methods, the methods of enzyme-linked immunosorbent assay, as well as chromatography mass spectrometry shows that in the real food systems, the level of the presence of certain ingredients can be a millionth of one percent (ppm or even ppb or ppt); however, an impact of these substances, nevertheless, affects product flavor [7,8,9,10,11]. Part of these substances can be positioned as unsafe or even harmful impurities [12,13].

Micronutrients of food systems consist of different groups of chemical substances that are in the raw materials initially as natural components. They are also found in raw materials and products as incorporated substances during the chemical processing of products in agricultural production, such as pesticides, preservatives, stabilizers, hormonal regulators. Microcomponents also appear as a result of technological operations and the corresponding



chemical and biochemical transformations, that arise as a result of biochemical transformations under the action of microorganisms during long-term storage, for example, aflatoxins, heterocyclic amines [12, 14,15,16].

Micronutrients of natural origin can also be regarded as minor products of hydrolysis of macrocomponents — free amino acids formed as a result of protein breakdown, free fatty acids of lipid origin, monosaccharides formed from carbohydrates and nucleotides — products of DNA decay. The total amount of these components in the native raw material of animal origin usually amounts to hundredths and even thousandths of a percent [15,16]. As a result of the development of hydrolytic processes under the influence of intrinsic enzyme systems and developing microflora, the mass fraction of natural micronutrients may increase during storage of both raw materials and products based on it [1,12,13,14,15].

Foods contain many proteins, which are built from L-amino acids linked by peptide bonds. As a result of hydrolysis and natural transfer of nutrients in living organisms that are subsequently used in production of raw materials for food systems, a small amount of free amino acids is usually identified in amino acid analysis. For example, in the bovine muscle tissue taken after slaughter, up to 0.005 % of the amino acid mixture is found, which consists of (g/100 g protein): isoleucine 4.1; leucine 7.5; lysine 11.5; cysteine 2.2; phenylalanine 4.3; tyrosine 4.1; threonine 5.3; tryptophan 2.6; valine 5.1; alanine 3.3; arginine 7.1; aspartic acid 6.4; histidine 4.2; glycine 4.6; glutamic acid 12.3; proline 2.9; serine 3.3 [7,15].

Amino acids do not pose a hazard to humans. Some are used as attractants — substances that enhance a taste of a product. For example, the current widespread use of monosodium glutamate in food systems gives products a specific taste, and most importantly, causes addiction to this taste and unnatural desire in an individual to consume this product [16]. Monosodium glutamate can provoke consumer's dependency on a particular product type, which cannot be considered a positive factor.

The presence of free amino acids to some extent contributes to changes in the taste characteristics of a product. Tryptophan is 35 times sweeter than sucrose, aspartic and glutamic acids taste sour, and can have a pleasant and original taste in the neutral solutions in a form of salts, glycine has a characteristic taste of refreshing sweetness, which is close in intensity to sucrose. The sweet L-amino acids are glycine, alanine, serine, proline. The sweet D-amino acids are valine, leucine, threonine, methionine, tryptophan, histidine. Aspartame, a compound of L-aspartic acid and methyl ester of phenylalanine, is 200 times as sweet as sucrose. Isoleucine, leucine, tyrosine, L-valine and L-histidine can give a food system a bitter taste [12,17].

An important natural microcomponent of animal raw materials are free fatty acids (FA). The fatty tissue or organic lipids are present in virtually any food system. Fatty acids are part of fat and oils in the form of triglycerides of natural

cis-forms of FA. Under the influence of temperature, light, pH and enzymes, part of the FA is released, forming free FA. It is believed that for food purposes, animal fats with an acid number of not more than 2 mg KOH / g can be used, which corresponds approximately to 1 % of free FA in the system [18]. Analysis of the fraction of free fatty acids released from samples of raw materials and products by, for example, stripping with steam, shows that the ratios of free FA are generally similar to the total FA composition of a product.

For example, free FA of pork fat in an amount of 0.1 % of raw material weight, can contain the following main fatty acids (% of the sum): C (4:0) and C (6:0) to 0.1; C (8:0), C (10:0), C (14:1), C (15:1), C (18:3) n3, C (20:1), C (20:3) n6, C (22:2) and C (22:6)n3 to 0.4; C (15:0) and C (20:0) to 0.3; C (12:0), C (17:1) and C (20:4)n6 to 1.5; C (14:0) and C (16:1) to 4.5; C (16:0), C (18:0) from 10 to 25; C (17:0), C (19:0) and C (22:0) to 0.7; C (18:1)n9c from 20 to 42; C (22:1)n9 to 0.8; C (18:2)n6c from 2 to 10; C (18:3)n6 to 2.1; C (20:2) to 0.2 [18,19].

Food systems based on animal raw materials should not contain trans-isomers of FA. However, the use of thermal regimes above 200 °C can lead to the appearance of an additional microingredient — trans-forms of FA. For example, heating, as well as adding to a food system additives margarines, which knowingly contain trans-isomers of FA can lead to the appearance of a trans-form of oleic acid — elaidic acid. The content of C (18:1)n9t FA in the fatty acid analysis of some food systems can be up to 0.6 and more%. In this case, technology leads to the appearance of unusual microcomponents. In the case of the substantial temperature abuse in superheated fats for deep drying, this microcomponent can become a macrocomponent, reaching a value of 30–50 % of the sum of the FA [20,21,22].

High molecular weight fatty acids practically do not have taste and odor. Low molecular weight FA (C (4:0) — C (8:0)) have a rather sharp, unpleasant odor, so their influence on a taste of a food system occurs against the background of negative correction of a product odor. It should be noted that some lipids are present in food systems as phospholipids. Hydrolysis of phospholipids contained in fats can lead to the formation of choline. During the decomposition of choline, poisonous substances are formed: neurin, muscarine, trimethylamine. Trimethylamine, as the main product of putrefaction, can give the animal fat a fishy odor. The taste of «rancid fat» is largely predetermined by the presence of free low molecular weight FA [23,24].

Carbohydrates are part of food systems that form macrocomplexes with proteins. The presence of free carbohydrates (CH) can be established in a food system upon its hydrolysis. Due to high lability, the content of the microingredients (CH) is usually very low. For example, in animal raw materials (beef, pork) it is possible to record the presence in the free state of CH, mg. %: arabinose, galactose, glucose, xylose, mannose, ribose, fructose at the level of 0.1–20.0; lactose and sucrose in the range from 0.01 to 0.1 [25,26,27,28].

The carbohydrates have a sweet aftertaste and can positively influence a taste range of products. The average content of free CH in lamb is higher than in beef or pork, which may give a product a sweetish flavor. An important factor in the formation of taste characteristics of food systems based on animal raw materials is the possibility of interaction of free CH and amino acid micro-quantities — the Maillard reaction at elevated temperatures. The result of this reaction is the formation of brown products and appearance of a smoked meat taste [29].

Vitamins are important and useful microcomponents of food from the viewpoint of modern dietology. A typical vitamin composition of meat raw materials based on beef or pork may include, mg/100 g of raw materials: vitamin A — 0.01; B<sub>1</sub> — 0.5; B<sub>2</sub> — 0.3; B<sub>3</sub> — 0.2; B<sub>4</sub> — 80.0; B<sub>5</sub> — 0.45; B<sub>6</sub> — 0.3; B<sub>9</sub> — 0.015; B<sub>12</sub> — 0.01; C < 0.001; D — 0.1; E — 0.4; PP — 5.8; H — 0.03. Preservation of the natural level of vitamins in raw materials and products based on it, is a problem due to the known lability and the ability to break down as a result of temperature influence, activity of food system oxidants, enzymatic activity, pH and other factors. The process of destruction also occurs with prolonged storage [30,31,32]. For example, in thermally processed canned meat, amounts of the above mentioned vitamins can be smaller by an order of magnitude and include only the most stable substances, mg/100 g of product: vitamin A — traces; B<sub>1</sub> — 0.06; B<sub>2</sub> — 0.05; B<sub>5</sub> — 0.3; B<sub>6</sub> — 0.15; D — 0.2; E — 0.1; PP — 3.0. In some cases, when the vitaminization of products is intentionally carried out, the content of individual vitamins in finished products, for example, vitamin C, may exceed the level of their natural content by an order of magnitude [33].

In food products based on animal and other raw materials, harmful microcomponents, called biogenic amines (BAs) [33,34] can be formed due to bio-logical decay.

The formation of BAs is mainly associated with the breakdown of proteins. The processes of biochemical degradation of proteins lead to a deterioration in the quality of products and the accumulation of potentially hazardous substances. BAs is a group of nitrogen-containing organic compounds with aliphatic (putrescine, cadaverine, spermine, spermidine), aromatic (tyramine, phenylethylamine) or heterocyclic (histamine, tryptamine) structures [35,36].

BAs are formed when foodstuffs are degraded and decomposed, but higher concentrations may be observed even before food becomes spoiled or organoleptically unacceptable. According to WHO, histamine can cause severe allergic reactions, and some biogenic amines, for example, cadaverine and putrescine, can enhance its allergic effect [36].

The presence of microcomponents, BAs, is characteristic for different types of products. In fresh meat, the BA content is usually small, taking into account that the concentrations of di- and polyamines vary over a wide range. The technological processing of meat products also affects

the content of amines. It is shown that the amount of histamine in cooked sausages (up to 9 mg/kg) is usually less than in dry sausages (up to 380 mg/kg). Large concentrations of BAs were found in all types of fish. It was reported that up to 5 g/kg of histamine and up to 3 g/kg of tyramine were detected. In other studies, the average concentration of histamine in mackerel ranged from 0.55 g/kg to 1.788 g/kg. In addition to fish, biogenic amines are found in cheeses that have undergone long-term storage. The concentration of histamine in cheeses can reach 2.6 g/kg and tryptamine 2.17 g/kg [37].

In plants, up to 100 mg/kg of serotonin and tyramine were detected. In cocoa beans, a large amount of phenylethylamine, tyramine, tryptamine and serotonin are contained. Because of this, amines can get into the chocolate. In bananas, tyramine and serotonin are also present in appreciable concentrations. In sauerkraut, the histamine content can reach 200 mg/kg. In beer, the levels of biogenic amines are usually below 20 mg/l. There are reports about higher concentrations of tyramine (up to 74 mg/l) and cadaverine (up to 34 mg/l) [38,39].

Due to the fact that among BAs only histamine is contained in practically all types of products, especially in fish products, the EU Commission Regulation No. 2074/2005 sets the histamine limits for different fish products at a level of 100 to 400 mg/kg. In the Russian Federation, the histamine limit is defined in an amount of <100 mg/kg. All processes of production and storage of protein containing food products should be realized in conditions of minimizing the protein oxidation and the appearance of BAs [38,39,40].

Over the past decades, scientific and technological progress in the field of agriculture, as well as the development of technological processes in the food industry, have led to quite significant changes in the micro components of food systems and the appearance of unusual chemicals in products [2, 3,4,5,6,7,8,9,10]. The main component of any food system is water. Most micronutrients, including unsafe, enter the food systems with water. According to international requirements, the MAC of such substances in drinking water used by enterprises in food production technologies should not exceed, mg / l: acrylamide — 0.0005; alachlor — 0.02; aluminum — 0.2; aldicarb — 0.01; ald-rin — 0.00003; ammonium — 0.2; atrazine — 0.002; barium — 0.7; benzo(a)pyrene — 0.0006; benzon — 0.03; benzene — 0.0007; boron — 0.3; bromates — 0.025; bromodichloromethane — 0.06; bromoform — 0.1; vinyl chloride — 0.01; hexachlorobenzene — 0.001; hexachlorobutadiene — 0.005; heptachlor — 0.00003; DDT — 0.002; dibromoacetonitrile — 0.1; 1,2-dibromo-3-chloropropane — 0.001; dibromochloromethane — 0.1; dichloroacetonitrile — 0.09; 1,2-dichlorobenzene — 0.001; 1,4-dichlorobenzene — 0.0003; dichloromethane — 0.02; dichloroprop — 0.1; 1,2-dichloropropane — 0.02; 1,3-dichloropropene — 0.02; dichloroacetic acid — 0.05; 2,4-dichlorophenoxy butyric acid — 0.09; 2,4-dichlorophenoxy acetic acid — 0.009; 2,4-dichlorophenol — 0.0003;



1,2-dichloroethane — 0.03; 1,2-dichloroethylene — 0.05; di(2-ethylhexyl)adipate — 0.08; di(2-ethylhexyl) phthalate — 0.008; iron — 0.3; cadmium — 0.003; xylene — 0.02; lindane — 0.002; manganese — 0.1; copper — 1; 2-methyl-4-chlorophenoxyacetic acid — 0.002; methoxychlor — 0.02; metolachlor — 0.01; molybdenum — 0.07; molinate — 0.006; monochloramine — 3; monochlorobenzene — 0.01; arsenic — 0.01; sodium — 200; nickel — 0.02; nitrates — 50; nitrites — 3; nitrilotriacetic acid — 0.2; pendimethalin — 0.02; pentachlorophenol — 0.009; permethrin — 0.02; pyridate — 0.1; propanil — 0.02; mercury — 0.001; lead — 0.01; selenium — 0.01; hydrogen sulphide — 0.05; silvex — 0.009; simazine — 0.002; styrene — 0.004; sulfates — 250; antimony — 0.005; 2,4,5-T — 0.009; tekoprop — 0.01; tetrachloroethylene — 0.04; toluene — 0.02; trihalomethane — 0.001; trifluralin — 0.02; trichloroacetaldehyde — 0.01; trichlorobenzene — 0.005; trichlorotributyltin oxide — 0.002; trichloroacetic acid — 0.1; 2,4,6-trichlorophenol — 0.002; trichlorethylene — 0.07; formaldehyde — 0.9; fluorine — 1.5; chlorine — 0.6; chlordane — 0.0002; chlorides — 250; chlorites — 0.2; chlorotoluran — 0.03; 2-chlorophenol — 0.0001; chlorocyanin — 0.07; chromium — 0.05; cyanides — 0.07; zinc — 3; carbon tetrachloride — 0.002; epichlorohydrin — 0.0004; EDTA — 0.2; ethylbenzene — 0.002 [41,42,43,44]. The listed components, when ingested, become introduced microcomponents, which should be strictly controlled [45].

The introduced food micronutrients, first of all, are pesticides. More than 2000 organic substances used as pesticides are included in the list of substances allowed for the use in agricultural production on the territory of the Russian Federation, [46]. However, the necessary control over their residual content in finished products is not properly established.

Previously, in the Russian Federation, there were normative documents prescribing analytical control over the residual content of 70 pesticides, most of which were not allowed in food products (mg / kg): abate 1.0; actellic 0.01; aldrin is not allowed; amidophos 0.3; atrazine 0.02; afugan is not allowed; aerol 2 is not allowed; basudin 0.7; basudin is not allowed; baytex 0.2; hexachlorane 0.1; hexachlorane 0.01; heptachlor is not allowed; hypodermine-chlorophos is not allowed; HCH gamma isomer 0.1; 2,4-D-amine salt is not allowed; 2,4-D-butyl ester is not allowed; 2,4-D-dichlorophenoxyacetic acid is not allowed; 2,4-D-dichlorophenol is not allowed; 2,4-D-crotyl ester is not allowed; 2,4-D-low volatile esters are not allowed; 2,4-DM is not allowed; 2,4-D-octyl ester is not allowed; 2,4-D-chlorocrotyl ester is not allowed; DDVP is not allowed; DDT and its metabolites 0.1; valexone dermatosol 0.02; dibrom 0.3; diuron is not allowed; DNOC is not allowed; dursban 0.1; carbophos is not allowed; kambilen is not allowed; coral 0.2; sodium fluorosilicate 0.4; creolin 0.1; linuron is not allowed; lontrel 0.3; methylmercaptophos is not allowed; metaphos is not allowed; neopinamine is not allowed; dichloro-urea is not allowed; nitrafen is not allowed; nitrofen is not allowed; oxamate is not allowed; pedix is not allowed;

sodium pentachlorophenolate is not allowed; polychloroamphene is not allowed; polychloropinene is not allowed; propoxur is not allowed; reglone 0.01; mercury-containing pesticides are not allowed; sevin is not allowed; serocin is not allowed; thiophos is not allowed; tiram is not allowed; trichloromethaphos 0.3; trichlorometaphos-3 is not allowed; phosalone is not allowed; chlorophos is not allowed; polychome is not allowed; ciodrinum 0.05; tsiram is not allowed; etaphos 0.01; fenagon is not allowed [47].

In recent years, the regulatory documents have been in effect in the Russian Federation that prescribe control over organochlorine pesticides (OCPs) only by two parameters: the total content of  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ -isomers of hexachlorocyclohexane ( $\Sigma$ HCH), and the total content of DDT and its metabolites. For animal products, the maximum allowable concentration (MAC) for these parameters is set at a level of 0.1 mg/kg. For some types of food products based on fat raw materials, the MAC values for  $\Sigma$ HCH and  $\Sigma$ DDT can be 1.0–1.25 mg/kg [48,49].

Our studies on the real levels of OCP content ( $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH,  $\delta$ -HCH, aldrin, heptachlor, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan, DDE, DDD, DDT and endrin) in domestic products based on animal raw materials show that the amount of these OCPs in the certified products today is from 0.001 to 0.03 mg/kg with the MAC values of 0.1 mg/kg. Taken into consideration that HCH and DDT are ubiquitously banned, this indicator shows a real level of these ecotoxins in food [50].

Higher values of the content of OCPs in meat products that exceed the MAC by two or more times, can be observed in samples of products derived from ecologically unfavorable areas [51].

The «green revolution» in agricultural production over the past decades has led to the introduction into practice of various hormonal and medicinal products that are used to intensify production. With regard to the production of meat raw materials, this trend can be traced roughly as follows. For example, in poultry production, a chicken is administered the hormone, diethylstilbestrol (DES), at a level of up to 5 mg/kg body weight. The rate of muscle mass accumulation can increase two to three times. Poultry meat obtained in this way can contain hormone residues up to 0.005 mg/kg or more. The presence of this quantity of the hormone in the chicken legs is hazardous for a consumer as the hormonal regulation in the human body is disturbed. After several years of the use, DES, as well as estradiol, were legally banned for use [52]. Nowadays, however, manufacturers are beginning to apply new, not yet prohibited regulators, for example, ractopamine [53]. Today, almost all products coming from the United States, Canada, partially from Brazil, were produced using hormone technology.

The Regulation TR CU lists the main substances that should not be in meat products, depending on the type of raw materials, mg/kg: kanamycin 0.1–2.5; neomycin 0.5–5; paromomycin 0.5–1.5; spectinomycin 0.3–5; streptomycin / dihydrostreptomycin 0.5–1; ceftiofur 1–6; cephalixin 0.2–1;

cefapirin 0.05–0.1; cefquinome 0.05–0.2; sulfonamides 0.1; baquiloprim 0.01–0.15; trimethoprim 0.05–0.1; clavulanic acid 0.1–0.4; lincomycin / clindamycin 0.1–0.4; pirlimycin 0.1–0.4; thiamphenicol 0.05; florfenicol 0.1–3; flumekin 0.2–1.5; ciprofloxacin / enrofloxacin / pefloxacin (ofloxacin / norfloxacin 0.1–0.3; danofloxacin 0.05–0.4; difloxacin 0.1–1.4; marbofloxacin 0.05–0.15; oxolinic acid 0.05–0.1; erythromycin 0.2; spiramycin 0.3–1; tilmicosin 0.05–1; tylosin 0.1; tylvalosin 0.05, tulatromycin 0.1–3, thiamulin 0.5; valnemulin 0.05–0.1; rifampicin 0.1; colistin 0.15; bacitracin 0.02–0.15; avilamycin 0.05–0.2; monensin 0.002–0.03; lasalocid 0.005–0.05; nitrofurans <0.1; metronidazole <0.1; streptotricin 0.7; tetracyclines 0.01–0.6; penicillins 0.05–0.3; diclazuril 0.005–3; imidocarb 0.05–1.5; toltrazuril 0.1–0.5; nicarbazin 0.025–0.1; robenidine 0.005–0.05; semduramicin 0.002; narasin 0.005; maduromycin 0.002; salinomycin 0.002; halofuginone 0.003; decoquinate 0.02; amitraz (2,4-dimethoxyamphetamine) 0.1–0.4; levomycetin is not allowed 0.0003.

This list includes almost all antimicrobial and antibiotic preparations, which residual micro-quantities in food products are a direct hazard to humans, substantially impairing possible antibiotic treatment schemes and resulting in an ineffectiveness of the part of preparations that patients previously consumed with food.

It can be noted from the real practice of current certification that there is the systematic abuse in terms of levomycetin treatment of Chinese fish products, as well as significant quantities of poultry containing high concentrations of nitrofurans.

Another class of introduced microcomponents are polyaromatic hydrocarbons (PAHs). They are released from thermally heated wood and enter food systems obtained by smoking technologies. PAHs represent a rather high level of hazard and have carcinogenic properties [54].

It is shown that the main PAHs from smoldering wood enter the fatty tissue of a meat product when smoking, in particular at a temperature of 55 °C with concentrations increasing with time, µg/kg: cyclopenta[c, d]pyrene 0.41–3.43; benz[a]anthracene 0.18–1.25; chrysene 0.14–1.19; 5-methylchrysene 0.03–0.08; benz[j]fluoranthene 0.01–0.07; benz[b]fluoranthene 0.03–0.92; benz[k]fluor-

anthene 0.03–0.34; benz[a]pyrene 0.11–0.81; dibenzo[a, l]pyrene 0.02–0.03; dibenz[a, h]anthracene 0.1–0.18; benz[g, h, i]perylene 0.37–0.76; indene [1,2,3-cd]pyrene 0.07–0.40; dibenz[a, e]pyrene 0.03–0.64; dibenz[a, i]pyrene 0.01–0.02; dibenz[a, h]pyrene 0.01–0.04 [55].

The entrance of such substances into food products should be minimized; so at the legislative level, their residual content is monitored. At present, the national normative documentation establishes the maximum allowable level of the content of one of the PAHs — benz[a]pyrene at the level of 1 µg/kg. The European standards apply the maximum limits for four PAHs: benz[a]pyrene, chrysene, benz[a]anthracene and benzo[b]fluoranthene, the total content of which should not exceed 2.0 µg/kg.

The fat components of food products, because of their high solubilizing ability in relation to aromatic compounds, are good accumulators of PAH. The maximum absorption rate of PAHs by lipids of the fat phase at the initial stages of the smoking process can vary from  $0.14 \cdot 10^{-5}$  to  $3.47 \cdot 10^{-5}$  µg  $\times$  l<sup>-1</sup>  $\times$  s<sup>-1</sup> with a temperature increase from 40 to 55 °C [55].

Our recent research shows that the microcomponent composition largely determines the taste and aromatic characteristics of food systems. The composition of microfractions includes, according to chromatographic spectroscopy, several hundred different organic substances, a list of which is given in the literature [56,57,58]. Some of these substances synergistically form the taste and aroma of products, and some, at certain concentrations, may be unsafe for human health.

## Conclusion

Thus, consideration of the issues of the microcomponent state of food systems shows that modern foods can include a variety of organic compounds; the presence of some of them cannot be considered a positive factor. The high level of individual microcomponents seems to be responsible for the tendency of manifestation of various diseases, many of which were not previously characteristic of humans. The formation of scientific principles for obtaining products, taking into account possible unfavorable trends in the use of substandard ingredients, is an important task of manufacturing and using modern food systems.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванкин, А.Н., Неклюдов, А.Д., Вострикова, Н.Л. (2011). Биологически активные соединения природного происхождения. Saarbrücken, Lambert Academic Publishing.—488 с. ISBN: 9783844356878
2. Вострикова, Н.Л., Кузнецова, О.А., Куликовский, А.В., Минаев, М.Ю. (2017). Формирование научного базиса мета-данных, связанных с оценками «онко-» рисков, ассоциированными с мясной продукцией. *Теория и практика переработки мяса*, 2(4), 96–113.
3. Иванкин, А.Н., Лисицын, А.Б., Вострикова, Н.Л., Куликовский, А.В. (2014). Масс-спектрометрическая идентификация химических компонентов вкусо-ароматической гаммы мясной продукции. *Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова*. М, ВНИИМП. 1, 77–80.

4. De Wijk, R.A., Kooijman, V., Verhoeven, R.H.G., Holthuyzen, N.T.E., De Wijk, C. (2012). Autonomic nervous system responses on and facial expressions to the sight, smell, and taste of liked and disliked foods. *Food quality and preference*, 26(2), 196–203.
5. Никитина, М.А., Захаров, А.Н., Насонова, В.В., Лисицын, А.Б. (2017). Моделирование как метод научного познания сложных мясных систем. *Теория и практика переработки мяса*, 2(3), 66–78.
6. Ivankin, A., Boldirev, V., Fadeev, G., Baburina, M., Kulikovskii, A., Vostrikova, N. (2017). Denaturation of collagen structures and their transformation under the physical and chemical effects. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 918. 012010, 1–5.
7. Лисицын, А.Б., Иванкин, А.Н., Неклюдов, А.Д. (2002). Методы практической биотехнологии. М, ВНИИМП.—402 с.

8. Kulikovskii, A.V., Gorlov, I.F., Slozhenkina, M.I., Lisitsyn, A.B., Savchuk, S.A. (2016). Determination of growth hormones ( $\beta$ -agonists) in muscle tissue by HPLC with mass spectrometric detection. *Journal of Analytical Chemistry*, 71(10), 1052–1056.
9. Куликовский, А.В., Лисицын, А.Б., Кузнецова, О.А., Вострикова, Н.Л., Горлов, И.Ф. (2016). Методические аспекты определения органического йода (йодотирозин) в пищевых продуктах. *Вопросы питания*, 85(4), 91–97.
10. Лисицын, А.Б., Никитина, М.А., Захаров, А.Н., Сусь, Е.Б., Насонова, В.В. (2016). Моделирование качества мясной продукции. *Пищевая промышленность*, 10, 50–54.
11. Lisitsyn, A.B., Kriger, O.V., Mitrokhin, P.V. (2016). Study of chemisrty and hydrolysates drying parameters of feather-downy raw material. *Foods and Raw Materials*, 4(1), 44–50.
12. Вострикова, Н.Л., Куликовский, А.В., Иванкин, А.Н., Беляков, В.А., Тарасов, С.М. (2018). Обзор биохимических особенностей получения пищи на основе современных пищевых систем. *Все о мясе*, 1, 10–15.
13. Энциклопедический словарь. Мясная промышленность. (2015). Под ред. А.Б. Лисицына. М, ВНИИМП.— 246 с. ISBN 978-5-901768-26-6.
14. Proteins in food processing (Second Edition). Edited by: Rickey Y. Yada. (2018). N.Y.: Elsevier.—704 p. ISBN: 978-0-08-100722-8
15. Неклюдов, А.Д., Иванкин, А.Н. (2007). Коллаген: получение, свойства и применение. М, ГОУ ВПО МГУЛ.— 336 с. ISBN: 5-8135-0376-5
16. Neklyudov, A.D., Ivankin, A.N., Berdutina, A.V. (2000). Properties and uses of protein hydrolysates. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 36(5), 452–459.
17. Гринштейн, Д., Винниц, М. (1966). Химия аминокислот и пептидов. М, Мир.—824 с.
18. Иванкин, А.Н., Олиференко, Г.Л., Куликовский, А.В., Чернуха, И.М., Семенова, А.А., Спиридонов, К.И., Насонова, В.В. (2016). Определение ненасыщенных жирных кислот с мигрирующей двойной связью в сложных биологических матрицах методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным и масс-спектрометрическим детектированием. *Журнал аналитической химии*, 71(11), 1188–1195.
19. Иванкин, А.Н. (2007). Жиры в составе современных мясных продуктов. *Мясная индустрия*, 6, 8–13.
20. Ivankin, A.N., Kulikovskii, A.V., Vostrikova, N.L., Chernukha, I.M. (2014). Cis- and trans- conformational changes of bacterial fatty acids in comparison with analogs of animal and vegetable origin. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 50(6), 668–674.
21. Любецкая, Т.Р., Бронникова, В.В., Прошина, О.П., Фадеев, Г.Н., Болдырев, В.С., Иванкин, А.Н. (2017). Цис-, транс-изомеризация бинарных смесей жиров растительного и животного происхождения. *Все о мясе*, 6, 52–55.
22. Al-Jawadi, A., Moussa, H., Ramalingam, L., Dharamawardhane, S., Gollahon, L., Gunaratne, P., Layeequr Rahman, R., Moustaid-Moussa, N. (2018). Protective properties of n-3 fatty acids and implications in obesity-associated breast cancer. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 53, 1–8.
23. Ravindran, V., Tanchaoenrat, P., Zaefarian, F., Ravindran, G. (2016). Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilization. *Animal Feed Science and Technology*, 213, 1–21.
24. Berliner, J.A., Subbanagounder, G., Leitinger, N., Watson, A.D., Vora, D. (2001). Evidence for a role of phospholipid oxidation products in atherogenesis. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 11(3–4), 142–147.
25. Aaslyng, M.D., Meinert, L. (2017). Meat flavour in pork and beef — From animal to meal. *Meat Science*, 132, 112–117.
26. Farouk, M.M., Yoo, M.J.Y., Hamid, N.S.A., Staincliffe, M., Davies, B., Knowles, S.O. (2018). Novel meat-enriched foods for older consumers. *Food Research International*, 104, 134–142.
27. Патент 121249. Устройство для определения содержания углеводов/ Иванкин, А.Н., Олиференко, Г.Л., Вострикова, Н.Л., Устюгов, А.В. Опул. 20.10.12. Бюл. № 29.
28. Pösö, A.R., Puolanne, E. (2005). Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science*, 70(3 SPEC. ISS), 423–434.
29. Ivankin, A.N., Vostrikova, N.L. (2012). Biochemical transformations of lipide and carbohydrat-protein nano complex in liquid foodstuff. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2(3), 27–32.
30. Jose, C.G., Jacob, R.H., Pethick, D.W., Gardner, G.E. (2018). A supply chain approach to improving the shelf life of lambmeat; vitamin E concentration, electrical stimulation, ageing period and packaging system. *Meat Science*, 139, 65–73.
31. Ortuño, J., Serrano, R., Bañón, S. (2015). Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol) vs vitamin E on lamb meat packed under protective atmosphere. *Meat Science*, 110, 62–69.
32. De Smet, S., Vossen, E. (2016). Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, 120, 145–156.
33. Юсупов, Е.В., Бершова, Т.М., Кузнецов, А.В., Неклюдов, А.Д., Иванкин, А.Н. (2009). Экология пищи: взаимосвязь качества сырья животного происхождения и продуктов на его основе с уровнем содержания свободных аминокислот и биогенных аминов. *Экологические системы и приборы*, 12, 35–42.
34. Kuznetsov, A.V., Kostenko, Yu.G., Ivankin, A.N. (2003). Cadaverin determination in meat and the possibility of using it in meat freshness assessment. *Proceedings of the 49th International Congress of Meat Science and Technology, Brazil, Rio*, 283–284.
35. Иванкин, А.Н., Костенко, Ю.Г., Кузнецов, А.В., Неклюдов, А.Д., Бершова, Т.М., Попова, Н.В., Дмитриев, М.А. (2004). Биогенные метаболиты в системе экологического мониторинга безопасности сырья и продовольствия. *Экологические системы и приборы*, 8, 5–11.
36. Яцута, А.Л., Никитченко, Д.В., Иванкин, А.Н., Костенко, Ю.Г., Неклюдов, А.Д. (2006). Экология питания. Стабильность биохимических свойств мясных продуктов при длительном хранении. *Экологические системы и приборы*, 4, 40–42.
37. Stadtman, E.R., Levine, R.L. (2000). Protein oxidation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 899, 191–208.
38. Bover-Cid, S., Hugas, M., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou, M.Carmen (2001). Amino acid-decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 66(3), 185–189.
39. Панов, Д.К., Патиева, С.В. (2015). Накопление биогенных аминов при производстве сырокопченых и сыровяленых колбас. *Молодой ученый*, 15(95), 147–150.
40. Куликовский, А.В., Иванкин, А.Н., Николаева, А.С., Князева, А.С. (2016). Оценка содержания и аккумуляции биогенных аминов в мясной продукции. *Все о мясе*, 5, 18–21.
41. Фомин, Г.С. (2000). Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник.— 3-е изд., перераб. и доп. М, Протектор.—848 с.
42. Comprehensive biotechnology. The principles of biotechnology. V.2 / Ed. Moo-Young M. N.Y.: Pergamon press, 1985,—757 p.
43. Устинова, А.В., Тимошенко, Н.В. (1997). Мясные продукты для детского питания. М, ВНИИМП.—251 с.
44. Иванкин, А.Н., Осотов, А.А. (1995). Анализ вредных веществ в окружающей среде и технико-экономический анализ химических процессов. М, МГУЛ.—28 с.
45. Rebiere, H., Guinot, P., Chauvey, D., Brenier, C. (2017). Fighting falsified medicines: The analytical approach. Review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 142, 286–306.
46. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации.[Электронный ресурс: [http://www.pesticidy.ru/ps-content/literature/files/Государственный\\_каталог\\_2015\\_2743\\_instructions.pdf](http://www.pesticidy.ru/ps-content/literature/files/Государственный_каталог_2015_2743_instructions.pdf). Дата обращения 20.02.2018]
47. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов. [Электронный ресурс: <http://dokipedia.ru/document/5149136> Дата обращения 26.02.2018]
48. СанПин 2.3.2.1280–03. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. М, Госсанэпиднадзор, 2003,—395 с.
49. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. М, Комиссия Таможенного союза № 880, 2011.—242 с.
50. Ivankin, A.N., Karpo, B.S., Galkin, A.V. (1998). Analysis of agricultural toxicants in meat products by ELISA method. *Proceedings of the 44th International Congress of Meat Science and Technology, Barcelona, Spain*, 374–375.
51. Иванкин, А.Н., Неклюдов, А.Д., Бердудина, А.В., Карпо, Б.С., Галкин, А.В. (1999). Экологическая безопасность мясных продуктов. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 3, 27–30.
52. Mitra, M.S., Philip, B.K. (2014). Diethylstilbestrol. *Encyclopedia of Toxicology* (Third Edition). London: Elsevier, 143–145.
53. Niño, A.M.M., Granja, R.H.M.M., Wanschel, A.C.B.A., Salerno, A.G. (2017). The challenges of ractopamine use in meat production for export to European Union and Russia. *Food Control*, 72, 289–292.
54. Куликовский, А.В., Горлов, И.Ф., Сложеникина, М.И., Иванкин, А.Н., Вострикова, Н.Л., Кузнецова, О.А. (2017). Комплексная оценка содержания полициклических ароматических углеводородов и особенности их накопления в мясной продукции. *Вопросы питания*, 86(6), 125–133.



55. Kulikovskii, A.V., Ivankin, A.N., Chernukha, I.M., Vostrikova, N.L. (2013). Investigation of PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) and strategies of their decrease in smoked meat products. *6th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, Prague, Czech Republic*, 406.

56. Thorslund, C.A.H., Sandøe, P., Margi, D.A., Lassen, J. (2016). A good taste in the meat, a good taste in the mouth animal welfare as an aspect of pork quality in three European countries. *Livestock Science*, 193, 58–65.

57. Иванкин, А.Н., Фадеев, Г.Н., Болдырев, В.С., Прошина, О.П., Куликовский, А.В., Семенова, А.А., Насонова, В.В. (2017). Вкусо-ароматические компоненты пищевых рецептур, формируемые в присутствии бактериальных культур. *Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология*, 7(3(22)), 124–136.

58. Swanepoel, M., Leslie, A.J., Hoffman, L.C. (2016). Comparative analyses of the chemical and sensory parameters and consumer preference of a semi-dried smoked meat product (cabanossi) produced with warthog and domestic pork meat. *Meat Science*, 114, 103–113.

## REFERENCES

1. Ivankin, A.N., Neklyudov, A.D., Vostrikova, N.L. (2011). Biologically active compounds of natural origin. Saarbrücken: Lambert Academic Publ.,—480 p. ISBN: 9783844356878 (In Russian)

2. Vostrikova, N.L., Kuznetsova, O.A., Kulikovskii, A.V., Minaev, M.Y. (2017). Formation of the scientific basis of meta-data associated with estimates of «onco» risks linked to meat products. *Theory and practice of meat processing*, 2(4), 96–113. (In Russian)

3. Ivankin, A.N., Lisitsyn, A.B., Vostrikova, N.L., Kulikovskii, A.V. (2014). Mass-spectrometric identification of chemical components of flavor palette of meat products. International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveyevich Gorbato. Moscow: VNIIMP, 1, 77–80. (In Russian)

4. De Wijk, R.A., Kooijman, V., Verhoeven, R.H.G., Holthuysen, N.T.E., De Wijk, C. (2012). Autonomic nervous system responses on and facial expressions to the sight, smell, and taste of liked and disliked foods. *Food quality and preference*, 26 (2), 196–203.

5. Nikitina, M.A., Zakharov, A.N., Nasonova, V.V., Lisitsyn, A.B. (2017). Modeling as a method for scientific cognition of complex meat systems. *Theory and practice of meat processing*, 2(3), 66–78. (In Russian)

6. Ivankin, A., Boldirev, V., Fadeev, G., Baburina, M., Kulikovskii, A., Vostrikova, N. (2017). Denaturation of collagen structures and their transformation under the physical and chemical effects. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 918. 012010, 1–5.

7. Lisitsyn, A.B., Ivankin, A.N., Neklyudov, A.D. (2002). Methods of practical biotechnology. M: VNIIMP.—402 p. (In Russian)

8. Kulikovskii, A.V., Gorlov, I.F., Slozhenkina, M. I., Lisitsyn, A.B., Savchuk, S.A. (2016). Determination of growth hormones ( $\beta$ -agonists) in muscle tissue by HPLC with mass spectrometric detection. *Journal of Analytical Chemistry*, 71(10), 1052–1056.

9. Kulikovskiy, A.V., Lisitsyn, A.B., Kuznetsova, O.A., Vostrikova, N.L., Gorlov, I.F. (2016). Method of determination organic iodine (iodotyrosines) in food. *Voprosy Pitaniia*, 85 (4), 91–97. (In Russian)

10. Lisitsyn, A.B., Nikitina, M.A., Zakharov, A.N., Sus', E.B., Nasonova, V.V. (2016). Modeling of Meat Product Quality. *Food industry*, 10, 50–54. (In Russian)

11. Lisitsyn, A.B., Kriger, O.V., Mitrokhin, P.V. (2016). Study of chemistry and hydrolysates drying parameters of feather-downy raw material. *Foods and Raw Materials*, 4 (1), 44–50.

12. Vostrikova, N.L., Kulikovskii, A.V., Ivankin, A.N., Belyakov, V.A., Tarasov, S.M. (2018). Biochemical features of obtaining food based on modern food systems. Review. *Vsyo o myase*, 1, 10–15. (In Russian)

13. Collegiate Dictionary. Meat industry.(2015) Ed. A.B. Lisitsin. Moscow: VNIIMP.—246 c. ISBN978-5-901768-26-6. (In Russian)

14. 1Proteins in food processing (Second Edition). Edited by: Rickey Y. Yada. (2018). N.Y.: Elsevier.—704 p. ISBN: 978-0-08-100722-8

15. Neklyudov, A.D., Ivankin, A.N. (2007). Collagen: obtaining, properties and application. Moscow: MGUL Publ.,—336 p. ISBN: 5-8135-0376-5 (In Russian)

16. Neklyudov, A.D., Ivankin, A.N., Berdutina, A.V. (2000). Properties and uses of protein hydrolysates. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 36(5), 452–459.

17. Grinshtein, D., Vinitz, M. (1966). Chemistry of amino acids and peptides. Moscow: Mir,—824 p. (In Russian)

18. Ivankin, A.N., Oliferenko, G.L., Kulikovskii, A.V., Chernukha, I.M., Semenova, A.A., Spiridonov, K.I., Nasonova, V.V. (2016). Determination of unsaturated fatty acids with a migrating double bond in a complex of matrices by gas chromatography with flame ionization and mass spectrometry detection. *Journal of Analytical Chemistry*, 71(11), 1131–1137.

19. Ivankin, A.N. (2007). Fats in the composition of modern meat products. *Meat industry*, 6, 8–13. (In Russian)

20. Ivankin, A.N., Kulikovskii, A.V., Vostrikova, N.L., Chernukha, I.M. (2014). Cis and trans conformational changes of bacterial fatty acids in comparison with the analogs of animal and vegetable origin. *Applied Biochemistry and Microbiology*, 50(6), 668–674.

21. Lyubetskaya, T.R., Bronnikova, V.V., Proshina, O.P., Fadeev, G.N., Boldyrev, V.S., Ivankin, A.N. (2017). Cis-, trans-isomerization

of binary mixtures of fats of vegetable and animal origin. *Vsyo o myase*, 6, 52–55. (In Russian)

22. Al-Jawadi, A., Moussa, H., Ramalingam, L., Dharamawardhane, S., Gollahon, L., Gunaratne, P., Layeequr Rahman, R., Moustaid-Moussa, N. (2018). Protective properties of n-3 fatty acids and implications in obesity-associated breast cancer. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 53, 1–8.

23. Ravindran, V., Tanchaoenrat, P., Zaefarian, F., Ravindran, G. (2016). Fats in poultry nutrition: Digestive physiology and factors influencing their utilization. *Animal Feed Science and Technology*, 213, 1–21.

24. Berliner, J.A., Subbanagounder, G., Leitinger, N., Watson, A.D., Vora, D. (2001). Evidence for a role of phospholipid oxidation products in atherogenesis. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 11(3–4), 142–147.

25. Aaslyng, M.D., Meinert, L. (2017). Meat flavor in pork and beef — From animal to meal. *Meat Science*, 132, 112–117.

26. Farouk, M.M., Yoo, M.J.Y., Hamid, N.S.A., Staincliffe, M., Davies, B., Knowles, S.O. (2018). Novel meat-enriched foods for older consumers. *Food Research International*, 104, 134–142.

27. Ivankin, A.N., Oliferenko, G.L., Vostrikova, N.L., Ustyugov, A.V. A device for determining the content of carbohydrates. Patent RF, no. 121249, 2012. (In Russian)

28. Pösö, A.R., Puolanne, E. (2005). Carbohydrate metabolism in meat animals. *Meat Science*, 70(3 SPEC. ISS), 423–434.

29. Ivankin, A.N., Vostrikova, N.L. (2012). Biochemical transformations of lipide and carbohydrate-protein nano complex in liquid foodstuff. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 2 (3), 27–32.

30. Jose, C.G., Jacob, R.H., Pethick, D.W., Gardner, G.E. (2018). A supply chain approach to improving the shelf life of lambmeat; vitamin E concentration, electrical stimulation, ageing period and packaging system. *Meat Science*, 139, 65–73.

31. Ortuño, J., Serrano, R., Bañón, S. (2015). Antioxidant and antimicrobial effects of dietary supplementation with rosemary diterpenes (carnosic acid and carnosol). *Meat Science*, 110, 62–69.

32. De Smet, S., Vossen, E. (2016). Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, 120, 145–156.

33. Yusupov, E.V., Bershova, T.M., Kuznetsov, A.V., Neklyudov, A.D., Ivankin, A.N. (2009). Ecology of food: intercoupling of a quality cheeses of animal origin and products on its base with contents level of free amino acid and biogenic amines. *Ecological systems and devices*, 12, 35–42. (In Russian)

34. Kuznetsov, A.V., Kostenko, Yu.G., Ivankin, A.N. (2003). Cadaverin determination in meat and the possibility of using it in meat freshness assessment. *Proceedings of the 49th International Congress of Meat Science and Technology, Brazil, Rio*, 283–284.

35. Ivankin, A.N., Kostenko, Yu.G., Kuznetsov, A.V., Neklyudov, A.D., Bershova, T.M., Popova, N.V., Dmitriev, M.A. (2004). Biogenic metabolites in the system of ecological monitoring of the safety of raw materials and food. *Ecological systems and devices*, 8, 5–11. (In Russian)

36. Yatsyuta, A.L., Nikitchenko, D.V., Ivankin, A.N., Kostenko, Yu.G., Neklyudov, A.D. (2006). Feed ecology. Stability of biochemical qualities of meat goods in a view of long-term storage. *Ecological systems and devices*, 4, 40–42. (In Russian)

37. Stadtman, E.R., Levine, R.L. (2000). Protein oxidation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 899, 191–208.

38. Bover-Cid, S., Hugas, M., Izquierdo-Pulido, M., Vidal-Carou, M.Carmen (2001). Amino acid-decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 66(3), 185–189.

39. Panov D.K., Patieva, S.V. (2015). Accumulation of biogenic amines in the production of raw and smoked sausages. *The young scientist*, 15(95), 147–150. (In Russian)

40. Kulikovskii, A.V., Ivankin, A.N., Nikolaeva, A.S., Knyazeva, A.S. (2016). Entent and accumulation of biogenic amines in meat products. *Vsyo o myase*, 5, 18–21. (In Russian)

41. Fomin, G.S. (2000). Water. Control of chemical, bacterial and radiation safety according to international standards. Encyclopedic reference book.— 3rd ed., pererab. and additional Moscow: Protector.—848 p. (In Russian)
42. Comprehensive biotechnology. The principles of biotechnology. V.2 / Ed. Moo-Young M. N.Y.: Pergamon press, 1985.—757 p.
43. Ustinova, A.V., Timoshenko, N.V. (1997). Meat products for baby food. M: VNIIMP.—251 p. (In Russian)
44. Ivankin, A.N., Osotov, A.A., (1995). Analysis of harmful substances in the environment and technical and economic analysis of chemical processes. Moscow: MGUL.— 28 p. (In Russian)
45. Rebiere, H., Guinot, P., Chauvey, D., Brenier, C. (2017). Fighting falsified medicines: The technical approach. Review. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 142, 286–306.
46. State catalog of pesticides and agrochemicals allowed for use on the territory of the Russian Federation. [Electronic resource: [http://www.pesticidy.ru/ps-content/literature/files/State\\_Catalog\\_ue\\_2015\\_2743\\_instructions.pdf](http://www.pesticidy.ru/ps-content/literature/files/State_Catalog_ue_2015_2743_instructions.pdf). Access date 20/02/2018]. (In Russian)
47. Medical and biological requirements and sanitary norms of quality of food raw materials and food products. [Electronic resource: <http://dokipedia.ru/document/5149136> Access date 26/02/2018]. (In Russian)
48. SanPin 2.3.2.1280–03. Hygienic requirements for food safety and food value. Moscow: Gossanepidnadzor.2003.—395 p. (In Russian)
49. Technical regulations of the Customs Union TR CU021/2011. On the safety of food products. M: The Commission of the Customs Union No. 880, 2011.—242 p. (In Russian)
50. Ivankin, A.N., Karpo, B.S., Galkin, A.V. (1998). Analysis of agricultural toxicants in meat products by ELISA method. *Proceedings of the 44th International Congress of Meat Science and Technology, Barcelona, Spain*, 374–375.
51. Ivankin, A.N., Neklyudov, A.D., Berdutina, A.V., Karpo, B.S., Galkin, A.V. (1999). Ecological safety of meat products. *Storage and processing of farm products*, 3, 27–30. (In Russian)
52. Mitra, M.S., Philip, B.K. (2014). Diethylstilbestrol. *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*. London: Elsevier, 143–145.
53. Niño, A.M.M., Granja, R.H.M.M., Wanschel, A.C.B.A., Salerno, A.G. (2017). The challenges of ractopamine use in meat production for export to European Union and Russia. *Food Control*, 72, 289–292.
54. Kulikovskii, A.V., Gorlov, I.F., Slozhenkina, M.I., Ivankin, A.N., Vostrikova, N.L., Kuznetsova, O.A. (2017). Comprehensive assessment of the content of polycyclic aromatic hydrocarbons and dependence of their accumulation in meat products. *Voprosy Pitanii*, 86 (6), 125–133. (In Russian)
55. Kulikovskii, A.V., Ivankin, A.N., Chernukha, I.M., Vostrikova, N.L. (2013). Investigation of PAH (polycyclic aromatic hydrocarbons) and strategies of their decrease in smoked meat products. *6th International Symposium on Recent Advances in Food Analysis, Prague, Czech Republic*, 406.
56. Thorslund, C.A.H., Sandøe, P., Margit, D.A., Lassen, J. (2016). A good taste in the meat, a good taste in the mouth. Animal health as an aspect of pork quality in three European countries. *Livestock Science*. 193, 58–65.
57. Ivankin, A.N., Fadeev, G.N., Boldyrev, V.S., Proshina, O.P., Kulikovskii, A.V., Semenova, A.A., Nasonova, V.V. (2017). Food flavouring ingredients of food recipes developed in the presence of bacterial cultures. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biokhimiya*, 7 (3(22)), 124–136. (In Russian)
58. Swanepoel, M., Leslie, A.J., Hoffman, L.C. (2016). Comparative analysis of the chemical and sensory parameters and consumer preference of a semi-dried smoked meat product (cabanossi) produced with warthog and domestic pork meat. *Meat Science*, 114, 103–113.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

## Принадлежность к организации

**Иванкин Андрей Николаевич** — доктор химических наук, профессор, академик МАН ВШ, заведующий кафедрой химии, Московский государственный технический университет (национальный исследовательский университет) им. Н.Э. Баумана 141005, г. Мытищи, 1-я Институтская, 1  
Тел.: +7-498-687-36-00  
e-mail: aivankin@inbox.ru  
\*автор для переписки

**Вострикова Наталья Леонидовна** — кандидат технических наук, заведующий лабораторией «Научно-методические работы, биологические и аналитические исследования», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 109316, г. Москва, ул. Талалихина, 26  
Тел.: +7-495-676-99-71  
E-mail: n.vostrikova@fnpcs.ru

**Куликовский Андрей Владимирович** — кандидат технических наук, руководитель направления хроматографии, ведущий научный сотрудник в лаборатории «Научно-методические работы, биологические и аналитические исследования», Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН 109316 г. Москва, ул. Талалихина 26,  
Тел.: +7-495-676-79-61  
E-mail: a.kulikovskii@fnpcs.ru

**Олиференко Галина Львовна** — кандидат химических наук, доцент, кафедра химии, Московский государственный технический университет (национальный исследовательский университет) им. Н.Э. Баумана 141005, г. Мытищи, 1-я Институтская, 1  
Тел.: +7-498-687-36-00  
E-mail: oliferenko2@inbox.ru

## Критерии авторства

Авторы в равных долях имеют отношение к написанию рукописи и одинаково несут ответственность за плагиат

## Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Поступила 16.02.2018

## AUTHOR INFORMATION

## Affiliation

**Andrew N. Ivankin** — doctor of chemical sciences, professor, academician of the International Higher Education Academy of Sciences, Head of the Department of Chemistry, Bauman Moscow State Technical University 141005, Mitishi, 1-st Institutskaya str., 1  
Tel.: +7-498-687-36-00  
e-mail: aivankin@inbox.ru  
\*corresponding author

**Natal'ya L. Vostrikova** — candidate of technical sciences, head of Laboratory «Scientific and methodical work, biological and analytical research», V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Tel.: +7-495-676-99-71  
E-mail: n.vostrikova@fnpcs.ru

**Andrey V. Kulikovskii** — candidate of technical sciences, a head chromatography laboratory, leading scientific worker of the Laboratory «Scientific and methodical work, biological and analytical research», V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences 109316, Moscow, Talalikhina str., 26  
Tel.: +7-495-676-79-61  
E-mail: a.kulikovskii@fnpcs.ru

**Galina L. Oliferenko** — candidate of chemical sciences, docent, Department of Chemistry, Bauman Moscow State Technical University 141005, Mitishi, 1-st Institutskaya str., 1  
Tel.: +7-498-687-36-00  
E-mail: oliferenko2@inbox.ru

## Contribution

Authors are equally relevant to the writing of the manuscript, and equally responsible for plagiarism

## Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest

Received 16.02.2018